

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 972 939 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.01.2000 Patentblatt 2000/03

(51) Int. Cl.⁷: **F04B 49/08, F04B 49/00**

(21) Anmeldenummer: 99113343.0

(22) Anmeldetag: 09.07.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 14.07.1998 DE 19831587

(71) Anmelder:
**BRUENINGHAUS HYDROMATIK GMBH
89275 Eichingen (DE)**

(72) Erfinder: **Dittmann, Dieter
72160 Horb-Isenburg (DE)**

(74) Vertreter:
**Körfer, Thomas, Dipl.-Phys. et al
Mitscherlich & Partner,
Patent- und Rechtsanwälte,
Sonnenstrasse 33
80331 München (DE)**

(54) Leistungsregelvorrichtung für mehrere Hydropumpen

(57) Eine Leistungsregelvorrichtung (1) dient zur Regelung der hydraulischen Leistung einer in eine Arbeitsleitung (3) fördernden Hydropumpe (2), deren Schwenkwinkel mittels einer Verstellvorrichtung (6) verstellbar ist. Mit der Arbeitsleitung (3) ist eine Stromregelvorrichtung (11) verbunden, die einem Nebenkreis (10) einen konstanten Volumenstrom zuführt. Ferner ist in dem Nebenkreis (10) eine Ablaufdrossel (12) vorgesehen, deren Drosselquerschnitt von dem Schwenkwinkel der Hydropumpe (2) abhängig ist. Ein Steuerventil (17) beaufschlagt mit zunehmendem Nebendruck in dem Nebenkreis (10) zwischen der Stromregelvorrichtung (11) und der Ablaufdrossel (12) die Verstellvorrichtung (6) in Richtung auf einen vergrößerten Schwenkwinkel der Hydropumpe (2).

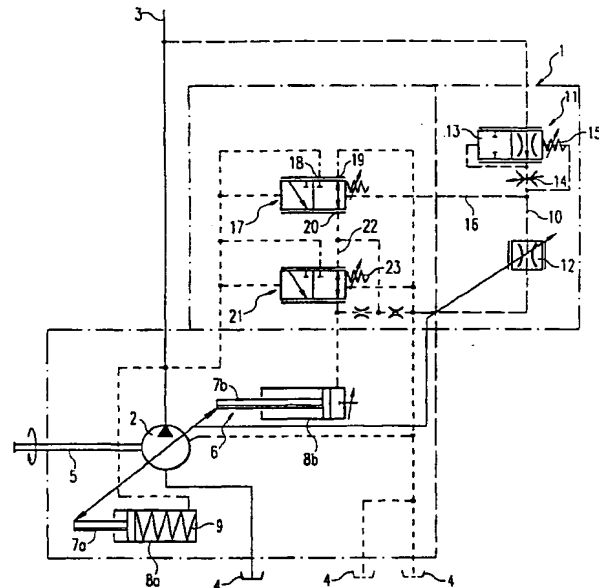


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Leistungsregelvorrichtung zur Regelung der hydraulischen Leistung einer Hydropumpe, deren Schwenkwinkel mittels einer Verstellvorrichtung verstellbar ist.

[Stand der Technik]

[0002] Eine Leistungsregelvorrichtung ist beispielsweise aus der DE 196 26 793 C1 bekannt. In dieser Druckschrift wird eine hydraulische Regeleinrichtung beschrieben, die für zwei parallel arbeitende Hydropumpen jeweils eine Leistungsregeleinrichtung umfaßt. Die beiden Leistungsregeleinrichtungen werden von einer den Hydropumpen gemeinsamen Druckregeleinrichtung angesteuert.

[0003] Die bekannten Leistungsregeleinrichtungen umfassen jeweils einen sogenannten Hyperbelregler, der über einen Schwenkhebel auf ein als Leistungsregelventil wirkendes Proportionalventil zurückwirkt. Dabei wirkt auf den Schwenkhebel eine dem Arbeitsdruck in der der Hydropumpe zugehörigen Arbeitsleitung proportionale Kraft ein, die über einen variablen Hebelweg ein variables Drehmoment hervorruft. Der Hebelweg hängt von der Stellung eines Stellkolbens der Verstellvorrichtung der Hydropumpe und somit von dem eingestellten Fördervolumen der Hydropumpe ab. Auf das Proportionalventil wirkt daher insgesamt ein Drehmoment ein, daß dem Produkt aus dem Arbeitsdruck in der zugehörigen Arbeitsleitung und dem eingestellten Fördervolumen der Hydropumpe, d. h. der geförderten hydraulischen Leistung der Hydropumpe, proportional ist.

[0004] Nachteilig bei dieser bekannten Bauweise einer Leistungsregelvorrichtung ist jedoch der relativ komplexe mechanische Aufbau mittels des Schwenkhebels, der einen erheblichen konstruktiven Aufwand erfordert und zudem störanfällig ist.

[0005] Aus der DE 35 41 750 C2 ist ein Leistungsregelventil bekannt, das in der Arbeitsleitung der Hydropumpe angeordnet ist und nicht mit der Verstellvorrichtung der Hydropumpe gekoppelt sind. Dieses Leistungsregelventil weist einen Regelschlitz auf, der geometrisch so geformt ist, daß die Veränderung des Drosselquerschnitts als Funktion des Verschiebewegs des Ventilkörpers des Ventils nicht linear ist, sondern so bestimmt ist, daß das Produkt aus Arbeitsdruck und Drosselquerschnitt zumindest näherungsweise konstant ist. Nachteilig bei diesen Leistungsregelventilen ist jedoch die relativ ungenaue Regelcharakteristik und der relativ hohe bauliche Aufwand, da der Drosselquerschnitt diese Leistungsregelventile exakt dimensioniert und justiert werden muß. Der Fertigungs- und Montageaufwand ist daher erheblich. Ferner sind bei hohen Leistungen sehr hohe Federkräfte für die Rückstellung der Ventilkörper erforderlich, so daß die Rücksteilfeeder relativ groß ausgelegt

werden müssen. Allgemein ist daher eine Leistungsregelung mit einem die Regelfunktion übernehmenden Ventil in der Arbeitsleitung in der Praxis unbefriedigend.

[Aufgabe der Erfindung]

[0006] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Leistungsregelvorrichtung zu schaffen, die unmittelbar von der Verstellvorrichtung der Hydropumpe angesteuert wird, wobei die Leistungsregelfunktion jedoch nicht mechanisch über einen veränderlichen Hebelarm sondern hydraulisch realisiert ist.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, bei einer Leistungsregelvorrichtung anstatt eines bisher verwendeten Schwenkhebels mit variablem Hebelarm zur Erzielung der Leistungsregelfunktion einen hydraulischen Nebenkreis vorzusehen mit einer Stromregleinrichtung, die dem Nebenkreis einen konstanten Volumenstrom zuführt, und einer Ablaufdrossel, deren Drosselquerschnitt von dem Schwenkwinkel der Hydropumpe eingestellt wird und die bei geeigneter Dimensionierung die Leistungsregelfunktion gewährleistet. Da die die Leistungsfunktion realisierenden Ventile und Drosseln nicht in der Arbeitsleitung, sondern in einem mit einem nur geringen Volumenstrom durchströmten Nebenkreis angeordnet sind, unterliegen diese Ventile und Drosseln einem erheblich geringeren Verschleiß. Ferner tritt eine nur geringe Verlustwärme auf, so daß diese Ventile relativ klein ausgelegt und zu einem gemeinsamen Ventilblock zusammengefaßt werden können. Der konstruktive Aufwand für die erfindungsgemäße Lösung ist daher relativ gering. Die erfindungsgemäße hydraulische Leistungsregelung ist gegenüber der bisher bekannten mechanischen Leistungsregelung mit einem verstellbaren Schwenkhebel wesentlich weniger störanfällig.

[0009] Die Ansprüche 2 bis 10 betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0010] Entsprechend Anspruch 2 kann die Stromregleinrichtung, die die Aufgabe hat, dem Nebenkreis einen konstanten Volumenstrom zuzuführen, aus einer in dem Nebenkreis angeordneten Drossel und einem entweder stromabwärts oder stromaufwärts der Drossel angeordneten Begrenzungsventil bestehen. Dabei wird das Begrenzungsventil von dem Druckabfall an der Drossel so angesteuert, daß der Öffnungsquerschnitt des Begrenzungsventils verringert wird, wenn sich der Druckabfall an der Drossel erhöht und umgekehrt der Öffnungsquerschnitt des Begrenzungsventil vergrößert wird, wenn sich der Druckabfall an der Drossel verringert. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß der Druckabfall an der Drossel stets konstant gehalten wird, was einen konstanten Volumenstrom zur Folge hat. Das Begrenzungsventil kann entsprechend Anspruch 3 beispielsweise als 2/2-Wegeventil ausgebildet sein.

[0011] Entsprechend Anspruch 4 ist die Ablaufdrossel

vorzugsweise so ausgelegt, daß sich deren Drosselquerschnitt mit zunehmendem Schwenkwinkel der Hydropumpe ausgehend von der Neutralstellung vergrößert. Wenn die Leistungsregelvorrichtung die Leistung der Hydropumpe auf eine konstante Maximalleistung begrenzt ist der Öffnungsquerschnitt der Ablaufdrossel entsprechend Anspruch 5 so auszu-
legen, daß der Öffnungsquerschnitt proportional zur Quadratwurzel des Tanges des Schwenkwinkels der Hydropumpe ansteigt.

[0012] Das Steuerventil kann entsprechend Anspruch 6 ein 3/2-Wegeventil sein, daß einen ersten mit der Arbeitsleitung verbundenen Anschluß, einen zweiten mit einem Druckmedium-Tank verbundenen Anschluß und einen mittelbar oder unmittelbar mit der Verstellvorrichtung der Hydropumpe verbundenen dritten Anschluß aufweist. Vorzugsweise ist entsprechend Anspruch 7 zwischen dem Steuerventil und der Verstellvorrichtung der Hydropumpe ein Druckbegrenzungsventil angeordnet. Der Ventilkolben des Steuerventils wird entsprechend Anspruch 8 vorzugsweise von der Druckdifferenz zwischen dem in der Arbeitsleitung herrschenden Hochdruck und dem in dem Nebenkreis zwischen der Stromregleinrichtung und der Ablaufdrossel herrschenden Nebendruck beaufschlagt.

[0013] Vorzugsweise ist das Steuerventil entsprechend Anspruch 9 so mit der Verstellvorrichtung verbunden, daß das Steuerventil mit zunehmendem Druck in dem Nebenkreis zwischen der Stromregleinrichtung und der Ablaufdrossel einen Stellzylinder der Verstellvorrichtung zunehmend zu einem Druckmedium-Tank hin belüftet, um den Schwenkwinkel der Hydropumpe zu erhöhen. Die Ablaufdrossel ist entsprechend Anspruch 10 vorzugsweise so angeordnet, daß sie den Nebenkreis unmittelbar mit einem Druckmedium-Tank verbindet.

[Beispiele]

[0014] Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 einen hydraulischen Schaltplan eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung;
- Fig. 2 eine geschnittene Darstellung eines konstruktiven Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung;
- Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 2; und
- Fig. 4 eine ausschnittsweise Darstellung von Fig. 1.

[0015] Fig. 1 zeigt ein hydraulisches Schaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung, die allgemein mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist.

5 [0016] Eine Hydropumpe 2 saugt das Druckmedium aus einem Druckmedium-Tank 4 an und fördert das Druckmedium in einer Arbeitsleitung 3, an die ein nicht dargestellter Verbraucher angeschlossen sein kann. Die Hydropumpe 2 wird über eine Antriebswelle 5 vorzugsweise mit konstanter Drehzahl angetrieben. Zur
10 Verstellung des Drehwinkels der Hydropumpe 2 dient eine allgemein mit dem Bezugszeichen 6 bezeichnete Verstellvorrichtung, die einen ersten Stellkolben 7a, einen ersten Stellzylinder 8a, einen zweiten Stellkolben 7b und einen zweiten Stellzylinder 8b aufweist. Im
15 ersten Stellzylinder 8a befindet sich eine Stellfeder 9, die die Verstellvorrichtung 6 der Hydropumpe 2 in Richtung auf maximales Fördervolumen beaufschlagt. Mit zunehmendem Druck in dem zweiten Stellzylinder 8b wird die Verstellvorrichtung 6 der Hydropumpe 2 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen zurückgeschwenkt.

[0017] Erfindungsgemäß verzweigt von der Arbeitsleitung 3 ein Nebenkreis 10. Dem Nebenkreis 10 wird über
25 eine allgemein mit dem Bezugszeichen 11 bezeichnete Stromregleinrichtung aus der Arbeitsleitung 3 ein konstanter Volumenstrom zugeführt. Der Ablauf aus dem Nebenkreis 10 in den Druckmedium-Tank 4 erfolgt über eine variable Ablaufdrossel 12. Der Drosselquerschnitt der Ablaufdrossel 12 hängt von dem Schwenkwinkel der Hydropumpe 2 ab.

[0018] Die Stromregleinrichtung 11 besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem Begrenzungsventil 13, das als 2/2-Wegeventil ausgebildet ist.
35 Stromabwärts des Begrenzungsventils 13 befindet sich eine vorzugsweise einstellbare Drossel 14. Der Drosselquerschnitt der Drossel 14 ist zwar vorzugsweise zu Justagezwecken einstellbar, jedoch während des Betriebs der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung 1 unveränderlich. In der in Fig. 1 dargestellten Grundstellung wird der Ventilkolben des Begrenzungsventils 13 durch die Rückstellfeder 15 in die Durchlaßstellung beaufschlagt. Das Begrenzungsventil 13 wird
40 von dem Druckabfall an der Drossel 14 angesteuert. Wenn der Druckabfall an der Drossel 14 ansteigt, verringert sich daher der Durchfluß durch das Begrenzungsventil 13. Wenn umgekehrt der Druckabfall an der Drossel 14 sich verringert, erhöht sich der Durchfluß durch das Begrenzungsventil 13. Durch diesen Regelmechanismus wird daher der Volumenstrom durch die Stromregleinrichtung 14 unabhängig von dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck stets auf einen konstanten Wert eingeregelt.

[0019] Der in dem Nebenkreis 10 herrschende Nebendruck wirkt auf ein Steuerventil 17 ein. Das Steuerventil 17 ist im Ausführungsbeispiel als 3/2-Wegeventil ausgebildet und wird von der Druckdifferenz zwischen dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden
55

Hochdruck und dem in dem Nebenkreis zwischen der Stromregleinrichtung 11 und der Ablaufdrossel 12 herrschenden Nebendruck angesteuert. Das Steuerventil 17 weist einen mit der Arbeitsleitung 3 verbundenen ersten Anschluß 18, einen mit dem Druckmedium-Tank 4 verbundenen zweiten Anschluß 19 und einen über ein Druckbegrenzungsventil 21 mittelbar mit dem zweiten Stellzylinder 8b der Stellvorrichtung 6 verbundenen dritten Anschluß 20 auf. Wenn der Nebendruck in dem Nebenkreis 10 gegenüber dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck ansteigt, wird eine über das Druckbegrenzungsventil 21 führende Verbindungsleitung 22 zunehmend zum Druckmedium-Tank 4 hin belüftet.

[0020] Das Druckbegrenzungsventil 21 wird von dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck beaufschlagt. Wenn der in der Arbeitsleitung 3 herrschende Hochdruck einen mittels der Rückstellfeder 21 einstellbaren Schwellwert überschreitet, beaufschlagt das Druckbegrenzungsventil 21 den zweiten Stellzylinder 8b der Stellvorrichtung 6 mit dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck, so daß die Stellvorrichtung 6 die Hydropumpe 2 in Richtung auf minimales Fördervolumen zurückschwenkt.

[0021] Die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung 1 ist folgendermaßen:

[0022] Wenn der Hochdruck in der Arbeitsleitung 3 ansteigt hat dies zunächst keinen Einfluß auf den von der Stromregleinrichtung 11 in den Nebenkreis 10 eingespeisten Volumenstrom, da die Stromregleinrichtung unabhängig von dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck dem Nebenkreis 10 stets einen konstanten Volumenstrom zuführt. Die Ablaufdrossel 12 läßt jedoch aufgrund des gestiegenen Druckgefälles an der Ablaufdrossel 10 zu dem Druckmedium-Tank 4 kurzfristig einen größeren Volumenstrom abfließen, als über die Stromregleinrichtung 11 nachfließt. Dies hat zur Folge, daß der Nebendruck in dem Nebenkreis 10 absinkt und über die Verbindungsleitung 16 dem Steuerventil 17 ein entsprechend verminderter Druck zugeführt wird. Der Ventilkörper des Steuerventils 17 wird aufgrund der erhöhten Differenz zwischen dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck und dem in dem Nebenkreis 10 herrschenden Nebendruck daher so verschoben, daß die Verbindungsleitung 22 und somit der zweite Stellzylinder 8b mit einem erhöhten Stelldruck beaufschlagt werden. Die Hydropumpe 2 wird daher in Richtung auf ein verringertes Fördervolumen zurückgeschwenkt.

[0023] Wenn umgekehrt der Hochdruck in der Arbeitsleitung 3 absinkt, hat dies zur Folge, daß der über die Ablaufdrossel 12 aus dem Nebenkreis 10 abfließende Volumenstrom kurzzeitig verringert wird, da das Druckgefälle an der Ablaufdrossel absinkt. Der dem Nebenkreis 10 zugeführte Volumenstrom ist jedoch von dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck unabhängig, so daß der aus dem Nebenkreis 10 abgeführte Volumenstrom kurzzeitig geringer ist, als der dem

Nebenkreis 10 zugeführte Volumenstrom. Dies hat einen Druckanstieg in dem Nebenkreis 10 zur Folge, so daß der dem Steuerventil 17 über die Verbindungsleitung 16 zugeführte Druck ansteigt. Da sich der in dem Nebenkreis 10 herrschende Nebendruck gegenüber dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck erhöht, hat dies schließlich zur Folge, daß das Steuerventil 17 die Verbindungsleitung 22 und somit den zweiten Stellzylinder 8b der Stellvorrichtung 6 zum Druckmedium-Tank 4 hin belüftet. Die Hydropumpe 2 verschwenkt daher in Richtung auf ein erhöhtes Fördervolumen, bis die Gleichgewichtslage wieder erreicht wird. Dies ist dann der Fall, wenn der dem Nebenkreis 10 über die Stromregleinrichtung 11 zuströmende Volumenstrom dem über die Ablaufdrossel 12 abströmenden Volumenstrom entspricht.

[0024] Für eine quantitative Analyse sind in Fig. 4 die nachfolgend verwendeten mathematischen Größen nochmals wiedergegeben. Fig. 4 ist eine vergrößerte ausschnittsweise Darstellung von Fig. 1.

[0025] Zunächst ist als Gleichgewichtsbedingung davon auszugehen, daß der den Nebenkreis 10 über die Stromregleinrichtung 11 zuströmende Volumenstrom Q_{zu} gleich dem aus dem Nebenkreis 10 über die Abströmdrossel 12 abströmenden Volumenstrom Q_{ab} ist:

$$Q_{zu} = Q_{ab} \quad (1)$$

[0026] Für den zuströmenden Volumenstrom und den abströmenden Volumenstrom gelten folgende Beziehungen:

$$Q_{zu} = A_{zu} \cdot v_{zu} = A_{zu} \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\zeta \cdot \alpha}} \quad (2)$$

$$Q_{ab} = A_{ab} \cdot v_{ab} = A_{ab} \sqrt{\frac{2 \cdot p_x}{\zeta \cdot \alpha}} \quad (3)$$

[0027] Dabei sind A_{zu} der Öffnungsquerschnitt der Stromregleinrichtung 11, v_{zu} die Geschwindigkeit des zuströmenden Volumenstroms, A_{ab} der Drosselquerschnitt der Ablaufdrossel 12, v_{ab} die Geschwindigkeit des abströmenden Volumenstroms, Δp der Druckabfall an der Drossel 14, p_x der Nebendruck in dem Nebenkreis 10, ζ die Dichte des Druckmediums und α ein Reibungsbeiwert. Unter der Näherung

$$p_x = p_{HD} - \Delta p \approx p_{HD} \quad (4)$$

gilt

$$A_{zu} \sqrt{\Delta p} = A_{ab} \cdot \sqrt{p_{HD}} \quad (5)$$

[0028] Der Drosselquerschnitt A_{ab} der Ablaufdrossel 12 ist eine Funktion des Schwenkwinkels β der Hydropumpe 2, d. h. es gilt

$$A_{ab} = f(\beta) \quad (6)$$

[0029] Wenn die Leistungsregelvorrichtung 1 die von der Hydropumpe 4 abgegebene hydraulische Leistung auf einen konstanten Wert einregeln soll, bedeutet dies, daß das Produkt aus dem in der Arbeitsleitung 3 herrschenden Hochdruck p_{HD} und dem von der Hydropumpe 4 geförderten Förderstrom Q_{pump} auf einen konstanten Wert eingeregelt wird, d. h. es gilt

$$p_{HD} \cdot Q_{pump} = const \quad (7)$$

[0030] Da der Förderstrom der Hydropumpe dem Hub der Zylinder proportional ist und dieser wiederum dem Tangens des Schwenkwinkels β der Hydropumpe 2, gilt:

$$p_{HD} \cdot \tan \beta = const \quad (8)$$

bzw.

$$p_{HD} = \frac{const}{\tan \beta} \quad (9)$$

[0031] Durch Einsetzen der Gleichung (9) in die Gleichung (5) ergibt sich:

$$A_{zu} \sqrt{\Delta p} = f(\beta) \cdot \sqrt{\frac{const}{\tan \beta}} \quad (10)$$

bzw.

$$A_{ab} = f(\beta) \sim \sqrt{\tan \beta} \quad (11)$$

[0032] Um zu Erreichen, daß die Leistungsregelvorrichtung 1 die Hydropumpe 2 auf eine konstante hydraulische Leistung einregelt, muß daher der Drosselquerschnitt A_{ab} der Ablaufdrossel 12 so ausgelegt werden, daß dieser Drosselquerschnitt A_{ab} proportional der Wurzel des Tangens des Schwenkwinkels β der Hydropumpe 2 ist.

[0033] Die Fig. 2 und 3 zeigen eine konstruktive Realisierung entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Leistungsregelvorrichtung 1. Dabei zeigt Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Leistungsregelvorrichtung 1 und Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 2.

[0034] Die Elemente der Leistungsregelvorrichtung 1 sind bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel in einem ersten Gehäuseblock 40 und einem zweiten Gehäuseblock 41 integriert, die durch Schrauben 42 und 43 miteinander verschraubt sind. Einem Eingang 44 wird der in der Arbeitsleitung 3 herrschende Hochdruck zugeführt, während ein erster Ausgang 45 mit dem Druckmedium-Tank 4 verbindbar ist. Dagegen ist ein zweiter Ausgang 46 über die in Fig. 1 dargestellte Verbindungsleitung 16 mit dem Steuerventil 17 verbunden. Das Steuerventil 17 ist in den beiden Gehäusekör-

pern 40 und 41 nicht integriert, sondern extern angeordnet. Beispielsweise kann ein in einer konventionellen Förderstromregelvorrichtung vorgesehenes Förderstromregelventil die Aufgabe des erfindungsgemäßen Steuerventils 17 übernehmen. An den Eingang 11 schließt sich das als 2/2-Wegeventil ausgebildete Begrenzungsventil 13 der Stromregelvorrichtung 11 an. Stromabwärts des Begrenzungsventils 13 ist die Drossel 14 des Begrenzungsventils 11 angeordnet.

[0035] Eine erste Ventilkammer 47 des Begrenzungsventils 13 ist über eine Verbindungsleitung 48 mit dem stromaufwärtigen Abschnitt der Drossel 14 verbunden. Dagegen ist eine zweite Ventilkammer 49 des Begrenzungsventils 13 über eine Verbindungsleitung 50 mit dem stromabwärtigen Abschnitt der Drossel 14 verbunden. Auf den Ventilkolben 51 wirkt daher das Druckgefälle an der Drossel 14 ein, wobei der Ventilkolben 51 in Fig. 2 weiter nach rechts verschoben wird und somit der Öffnungsquerschnitt des Begrenzungsventils 13 verringert wird, wenn das Druckgefälle an der Drossel 14 zunimmt. Umgekehrt wird der Ventilkolben 51 in Fig. 2 nach links verschoben und das Begrenzungsventil 13 weiter geöffnet, wenn sich das Druckgefälle an der Drossel 14 verringert. Der Drosselquerschnitt der Drossel 14 wird durch den Abstand des kegelförmigen Endabschnitts 52 des Gewindestifts 53 von der kegelförmigen Ausnehmung 54 in dem ersten Gehäusekörper 40 festgelegt. Durch Verdrehen des Gewindestifts 53 läßt sich daher der Drosselquerschnitt der Drossel 14 verändern und mittels einer Kontermutter 55 festsetzen.

[0036] Der Ventilkolben 51 des Begrenzungsventils 13 wird mittels einer Rückstellfeder 56 in die Öffnungsrichtung des Begrenzungsventils 13 beaufschlagt.

[0037] Stromabwärts der Drossel 14 befindet sich die verstellbare Ablaufdrossel 12. Die Funktionsweise der variablen Ablaufdrossel 12 läßt sich in Verbindung mit Fig. 3, die einen Schnitt entlang der Linie III-III in Fig. 2 zeigt, erkennen.

[0038] Eine Schwenkwiege 60 oder Schrägscheibe der Hydropumpe 2 ist in Fig. 3 angedeutet. Die Schwenkwiege 60 ist mit einem Drehzapfen 61 drehfest verbunden, der beim Verschwenken der Schwenkwiege der Hydropumpe 2 entsprechend gegenüber dem feststehenden Einsatzteil 67 verdreht wird. Das feststehende Einsatzteil 67 ist über einen Zapfen 69 mit einem Gehäuseteil 40 verbunden. Der Drehzapfen 61 weist einen Einmündungsbereich 62, einen Ausmündungsbereich 63 und eine Axialbohrung 64 auf, die den Einmündungsbereich 62 mit dem Ausmündungsbereich 63 verbindet. An den Ausmündungsbereich 63 schließt sich ein mit dem ersten Ausgang 45 verbundener Spalt 65 an. Beim Verdrehen des Drehzapfens 61, wird eine Steuerkante 66 so verdreht, daß sie den Spalt 65 zunehmend absperrt und somit den Drosselquerschnitt der Ablaufdrossel 12 zunehmend verengt. Durch entsprechende Ausgestaltung der Länge des Spalts 65

läßt sich erreichen, daß der Drosselquerschnitt der Ablaufdrossel 12 proportional der Wurzel des Tangens des Schwenkwinkels β der Hydropumpe 4 bzw. des Drehzapfens 61 ist. Dazu ist der Spalt 65 beispielsweise so auszugestalten, daß dessen Länge senkrecht zu der Ebene der Fig. 2 nicht konstant sondern eine Funktion des Drehwinkels β ist.

[0039] Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel begrenzt. Beispielsweise können auch andere Ausgestaltungen der Ablaufdrossel 12 oder der Stromregelvorrichtung 11 Verwendung finden.

Patentansprüche

1. Leistungsregelvorrichtung (1) zur Regelung der hydraulischen Leistung einer in eine Arbeitsleitung (3) fördernden Hydropumpe (2), deren Schwenkwinkel (β) mittels
 - einer Verstellvorrichtung (6) verstellbar ist, mit einer mit der Arbeitsleitung (3) verbundenen Stromregelvorrichtung (11), die einem Nebenkreis (10) einen konstanten Volumenstrom (Q_{zu}) zuführt,
 - einer in dem Nebenkreis (10) angeordneten Ablaufdrossel (12), deren Drosselquerschnitt (A_{ab}) von dem Schwenkwinkel (β) der Hydropumpe (2) abhängig ist, und
 - einem Steuerventil (17), das mit zunehmenden Nebendruck (p_x) in dem Nebenkreis (10) zwischen der Stromregelvorrichtung (11) und der Ablaufdrossel (12) die Verstellvorrichtung (6) in Richtung auf einen vergrößerten Schwenkwinkel (β) der Hydropumpe (2) beaufschlagt.
2. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromregelvorrichtung (11) aus einer in dem Nebenkreis (10) angeordneten Drossel (14) und einem stromabwärts oder stromaufwärts der Drossel (14) in dem Nebenkreis (10) angeordneten Begrenzungsventil (13) besteht, wobei das Begrenzungsventil (13) von dem Druckabfall (Δp) an der Drossel (14) angesteuert wird.
3. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Begrenzungsventil (13) ein 2/2-Wegeventil ist.
4. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Drosselquerschnitt (A_{ab}) der Ablaufdrossel (12) mit zunehmendem Schwenkwinkel (β) der Hydropumpe (2) ausgehend von der Neutralstellung vergrößert.
5. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leistungsregelvorrichtung (1) die Leistung der Hydropumpe (2) auf eine konstante Maximalleistung begrenzt, wobei der Öffnungsquerschnitt (A_{ab}) der Ablaufdrossel (14) proportional zur Quadratwurzel des Tangens des Schwenkwinkels (β) der Hydropumpe (2) ist.
6. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Steuerventil (17) ein 3/2-Wegeventil ist, mit einem mit der Arbeitsleitung (3) verbundenen ersten Anschluß (18), einem mit einem Druckmedium-Tank (4) verbundenen zweiten Anschluß (19) und einem zumindest mittelbar mit der Verstellvorrichtung (6) der Hydropumpe (2) verbundenen dritten Anschluß (20).
7. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Steuerventil (17) und der Verstellvorrichtung (6) der Hydropumpe (2) ein Druckbegrenzungsventil (21) angeordnet ist.
8. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Ventilkolben des Steuerventils (17) von der Druckdifferenz zwischen dem in der Arbeitsleitung (3) herrschenden Hochdruck (p_{HD}) und dem in dem Nebenkreis (10) zwischen der Stromregelvorrichtung (11) und der Ablaufdrossel (12) herrschenden Nebendruck (p_x) beaufschlagt wird.
9. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Steuerventil (17) mit zunehmendem Nebendruck (p_x) in dem Nebenkreis (10) zwischen der Stromregelvorrichtung (11) und der Ablaufdrossel (12) einen Stelzylinder (8b) der Verstellvorrichtung (6) zunehmend zu einem Druckmedium-Tank (4) hin belüftet, um den Schwenkwinkel (β) der Hydropumpe (2) zu erhöhen.
10. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die Ablaufdrossel (12) den Nebenkreis (10) mit einem Druckmedium-Tank (4) verbindet.

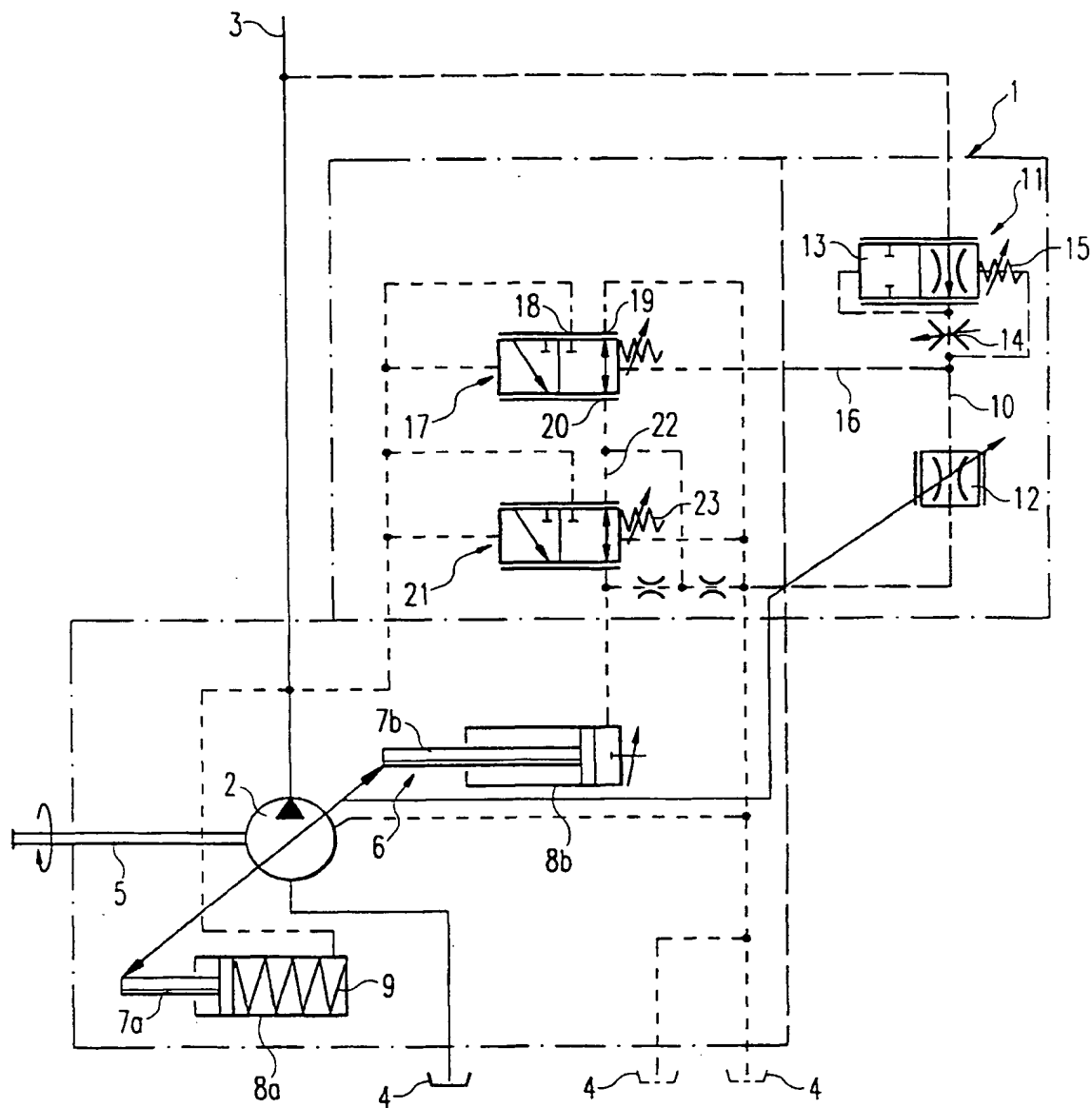


Fig. 1

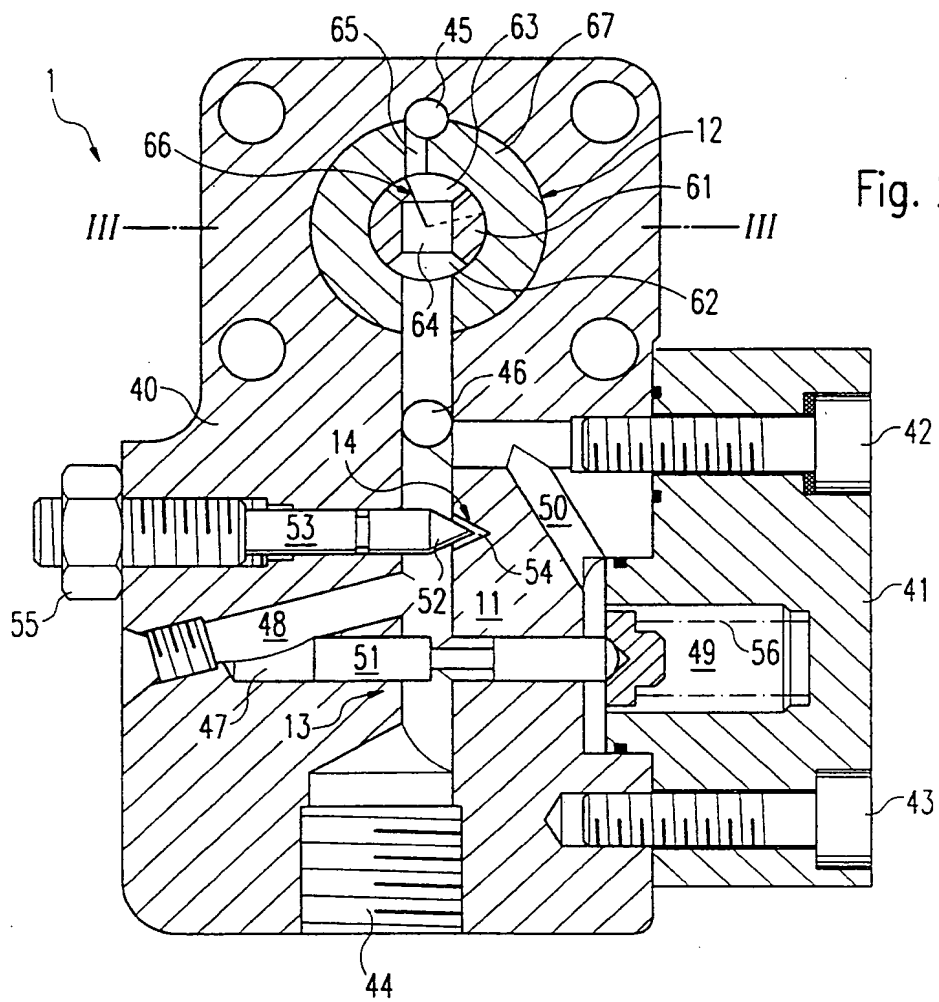


Fig. 2

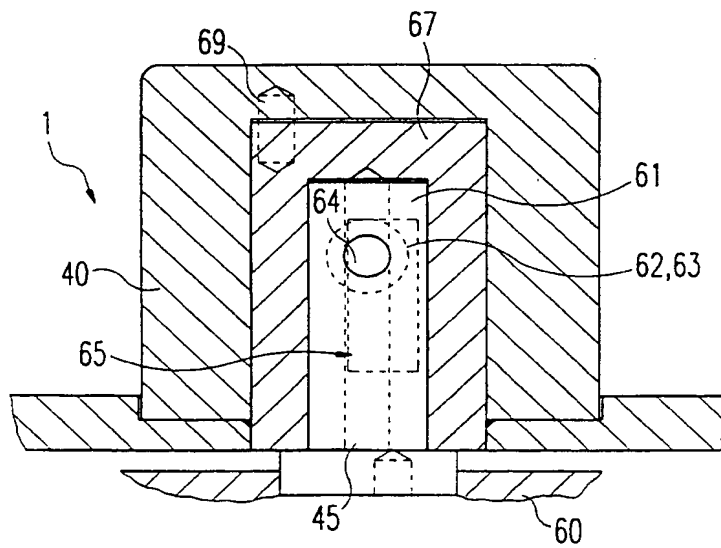


Fig. 3

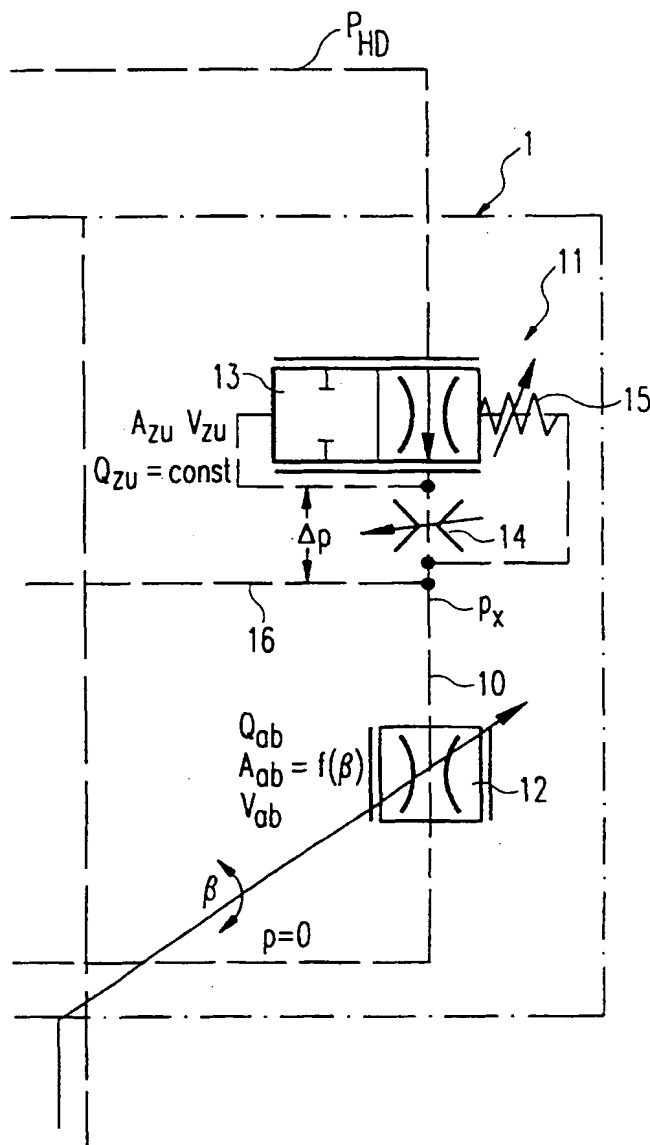


Fig. 4